

특집

부하관리와 전력저장용 연속전지기술

고요

(에너지자원기술개발지원센터)

전기가 인류사회의 생활에 도입된 이래 그 응용에 있어서 발전의 속도가 다른 어떠한 에너지원보다도 빠르게 전개되었다. 그리고 현대의 고도정보화 시대의 시대적 요구와 국민 생활 수준의 향상, 생활 패턴의 다양화에 따라 그 수요와 활용 범위가 폭넓게 증대되고 있다고 하겠다. 이러한 현상은 전력에너지의 높은 제어성, 활용도의 폭넓음, 그리고 무엇보다도 청결하고 편리하다는 점에는 누구나 공감하는 사실일 것이다. 그러나 이러한 산업 사회의 눈부신 발전에 따라, 에너지원의 효율적인 이용 측면에서 심각한 정책적, 경제적, 사회적, 그리고 환경적인 새로운 문제점으로 대두되고 있다.

이러한 문제점으로는 선진각국은 물론이고, 최근 우리나라의 경우도 이로 인한 현상으로 인하여 나타나고 있는 문제점으로서, 냉방설비가 주요인으로 되고 있는 하계피크시 적정 공급예비율 유지곤란, 지구 및 지역 환경문제의 현실화와 이에 따른 전원입지 확보곤란, 원자력 발전 등의 대용량 전원의 원격 편재화로 인한 지역간 수급불균형, 그리고 주·야간의 부하 격차의 심화 등을 들 수 있다.

이러한 문제점들을 해결하기 위하여 국내는 물론 해외에서도, 여러 분야에서 많은 연구가 진행되고 있다. 예를 들면 기저공급력과 수요특성에 따른 발전원별 발전량의 조절이나, 열병합발전, 가스터어빈을 이용한 발전, 태양열, 태양광, 석탄의 개질에 따른 효율의 증대, 풍력, 조력, 핵융합 및 연료전지에 의한 발전등 대체에너지의 개발과 기저부하의 창출을 위한 초전도 저장, 플라이휠일 저장, 압축공기 저장, 중기저장, 양수발전, 그리고 전지전력저장등의 도입에 대

한 연구가 그것이다.

이러한 각종 시스템들은 그 나름대로의 장단점을 가지고 있으나 전력의 송전손실, 설치지역의 한계성, 수요에 대한 대응속도, 그리고 경제성 등에 대한 종합적인 점을 고려하여 선정하여야 할 것이다. 현재 국내에서 실용화되어 있는 전력저장 기술로서는 양수발전이 있으나, 건설기간의 장기화, 입지조건의 제약, 인건비 상승에 따른 건설비 증가추세, 원거리 배치에 따른 송전손실 및 송전설비의 추가, 중소규모시스템의 건설곤란 등의 문제점이 지적되고 있다.

또한, 원자력발전은 안전성 문제 및 원격편재화 그리고 지역주민의 합의 사항 등에 대한 문제를 제외하고라도 수요 운용의 탄력성이 떨어진다. 즉, 원자력발전을 효율적으로 이용하기 위한 필수적인 사항은 기저부하의 창출이라는 것이다. 이것은 원자력 발전이 부하조정능력이 떨어지기 때문이며, 한번 가동에 들어간 원자력 발전은 그 에너지를 사용할 수 있는 기저 부하의 범위 내에서만이 효율적, 경제적인 수 있기 때문이다. 현재 국내에서는 이러한 기저부하의 창출을 주로 양수발전에 의존하고있으나 입지적 조건에 의하여 적용의 한계성이 있다는 것이 차기의 에너지 정책에 대안이 될 수 없다. 선진국의 예를 보면 산업화가 가속화되어가고, 국민생활이 수준이 향상될수록 주·야간 및 계절에 따른 부하 불균형이 심해지고 있으며, 또한 지역에 따른 불균형도 심해진다. 한편의 향후 발전원별 발전량의 전망에서 나타난 바와 같이 향후 원자력의 의존도가 오는 2000년에는 전체발전량의 35%이상을 2010년에는 전체 발전량의 50% 수준이 될 것으로 전망하고 있다.

한편, 이러한 대책중의 하나로서 부하지역 근방에 모듈단위로 설치, 운용이 가능한 분산형 전력저장 설비가 고려될 수 있다. 이러한 용도의 새로운 전력저장기술에는 전지 전력저장, 초전도 전력 저장, 압축 공기 저장, 플라이휠 저장, 증기 저장, 그리고 양수발전등 많은 저장시스템들이 있으나, ① 높은 에너지밀도를 가지고 있고, ② 기동정지 및 부하 추종 등의 운전특성이 우수하며, ③ 모듈구조로 분산배치가 가능하고, ④ 진동, 소음이 작아서 환경에 끼치는 영향이 거의 없고, ⑤ 저장효율이 비교적 우수하며, ⑥ 입지제약이 거의 없어 수요지 근방에 설치가 가능하고, ⑦ 모듈구조로 양산이 가능하여 건설기간이 짧고, 비용절감 가능성이 높으며, ⑧ 자원적인 문제에 있어서 그 공급이 무난하고, ⑨ 적용범위가 광범위하다는 점에 있어서 전력저장전지시스템(BESS: Battery Energy Storage System)이 가장 가까운 시기에 실용화가 가능한 저장기술로서 평가되고 있다. 선진 각국에서는 이러한 전력저장전지시스템의 기술개발에 대한 필요성을 인식해서 전력회사의 활발한 연구수행 결과 일부 실용화 된 곳도 있다.

미국의 경우에는 가장 빨리 개발에 착수하여 BEST(Battery Energy Storage Test : DOE, EPRI, PG & G사가 공동으로 출자)가 계획되어 추진되고 있다. 이것은 각종 신행전지의 시험 시설로 이미 625kW, 1.8MWh의 연 축전지(C&D사), 500kWh 아연-염소전지의 시험을 끝냈다. 또한 현재 시험 운전중인 시스템으로는 10MW/4hr용으로 연 축전지를 이용한 전력저장시스템이 SCE사 관할 Chino 변 전소에 설치되어 부하관리용으로 시험 운전중이다.

유럽에서는 서베르린 지구에서 피크부하 대책 및 주파수 조정을 주목적으로 8.5MW/17MW시스템이 건설되어 실 운용하고 있다. 전지는 총량 14.4MWh(5 시간울), 1.2kV의 연 축전지(CSM 전지)이고 변환장치는 2조의 타여식을 이용하고 있다. 그러나 얼마전 동/서독의 통일로 인하여 이 주파수 조정용으로의 운용이 필요가 없게 되어 일본 또는 미국과 같이 부하평준화 또는 부하관리용으로의 활용 및 개발이 전환 되고 있다.

일본의 경우도 1982년부터 통산성의 Moon Light 계획에 따라 일본전지, 도시바의 협력을 얻어 관서전력에서 2차 전 지를 이용한 부하평준화용 전력저장시스템의 실용화 연구를

추진하고 있다. 특히 Tatsumi 시스템의 경우, Advanced Lead-Acid Battery(개량형 연 축전지 7500Ah x 526개)를 사 용한 에너지 저장 시스템으로 일반 배전용 변전소에 설치하 여 역률 1의 전력을 공급하고 있고, 신행전지전력저장시스템 으로는 현재 1MW급 신행전지(Na/S, Zn/Br) 전력저장시스템 이 각각 타즈미, 이마쥬쿠변전소에 설치되어 운전되고 있다.

각국의 개발현황에서와 같이 이러한 전지 전력저장시스 템에 적용하기 위한 전지의 연구개발은 여러종류가 검토되 고 있다. 예를 들면 Na/S, Zn/Br, Zn/Cl 및 연 축전지가 그것 이다. 그러나 이러한 전지 기술 중에서 기술적 수준, 대용량 화, 안전성 및 신뢰성, 그리고 경제성 등의 현실적 측면에서 는 연 축전지가 가장 적합할 것이다. 미국의 경우에 Zn/Cl전 지는 기술적인 문제와 효율 때문에 연구개발을 포기하였고, Zn/Br은 환경문제와 수명이 짧아 중단되었으며, Na/S는 독 성 때문에 연구가 중단되었다. 현재는 개량형 연 축전지를 이 용한 전력저장시스템이 연구중이거나, 실용화 되어진 곳도 있다. 이렇듯 전지 전력저장시스템에 적용하기 위한 전지로 서는 현재까지의 기술수준, 신뢰성, 경제성, 수명, 그리고 안 전성 측면에서 연 축전지가 가장 적합한 것으로 평가되고있 다.

그러면 여기서 전지전력저장시스템용 전지의 국내 기술 개발 현황을 살펴보기로 한다. 국내에 전지전력저장시스템 이 연구되기 시작한 것은 벌써 10여년이 되었다. 1988년 한 국전기연구소에서 20kW급 전력저장시스템에 대한 연구를 약 2년에 걸쳐 시스템 전체효율이 약 70%의 우수한 결과 를 얻었으며, 그 후로 200kW급이 동력자원연구소에 의하 여 연구되었다. 현재는 상용화를 위한 계통연계형 1 MW 급 전지전력저장시스템의 선행연구가 한국전기연구소에 의 하여 '95년부터 약 4개년간 목표로 연구가 진행되고 있으 며 여기에서 사용되는 연 축전지는 선진국수준의 전지가 적 용되었다. 이 연구가 끝나면, 실용화급 규모의 연구를 위하 여, 10MW급 규모의 전지전장시스템의 야심찬 연구계획을 수립하고 있다.

한편, 실용화를 위한 시범운전중인 전지전력저장시스템으 로는 한국에너지기술연구소의 의하여 충남 보령군 호도에 90kW급이, 전남 여천군 하와도에 60kW급이, 그리고 제주 마라도에 30kW급이 독립형으로 태양광발전용 시스템에 시 범 보급되어 운전되고 있다.

한편, 한국전력공사의 통계에 따르면 '95년 현재 에너지원별 발전량을 살펴보면, 총 발전량 67,029 GWh중 수력이 3.0%, 석탄이 26.4%, 유류가 22.8%, LNG가 11.5%, 그리고 원자력이 36.3%를 나타내고 있다. 이러한 발전량의 비율은 2000년에는 원자력이 37.5%, 석탄이 35.5%, LNG가 17.8%, 석유 7.2%, 그리고 수력이 2%를 전망하고있으며, 2010년에는 원자력이 45.5%, 석탄이 35.7%, LNG가 14.0%, 석유 3.4%, 그리고 수력이 1.4%를 전망하고 있다. 여기서 주목하여야할 부분은 원자력에 의한 발전 의존량이 2010년의 경우에는 전체의 약 50% 수준에 이른다.

그러면 여기서 국내의 연속전지 기술수준을 살펴보기로 하자. 이러한 전지전력저장용 연속전지는 고신뢰성, 대용량화, 장수명, 고효율, 고에너지 밀도화 그리고 유지보수의 편리함이 요구된다. 현재까지의 국내의 연속전지기술을 주도 해온 세방전지의 기술을 기준으로 살펴보면, 현재는 다른 용도로 사용하고있으나, 이미 방전심도 80%에 1300cycle이상인 10,000Ah(암페어아우어 ; 전지의 용량을 결정하는 단위) 전지를 약 10년전에 개발하여 판매하고있으며, 4000Ah급의 충방전효율이 90%, 수명이 1800cycle이상으로 상면적효율을 극대화한 DIN type의 고효율, 장수명 연속전지를 개발하여 한국 전기연구소의 1MW급 연구 프로젝트에 적용하였다. 이것은 선진국의 전지기술에 조금도 뒤지지 않는 기술로 평가된다. 한편, 현재는 가격을 현격하게 낮추고, 유지보수가 거의 불필요하면서, 장수명이고, 고에너지 밀도화를 위한 연구를 수행하고있으며, 연구 결과가 성공적으로 진행되어 그 기술의 일부를 상품화한 완전 무보수형 겔타입 밀폐형 연속전지를 판매하고 있다. 이 연구의 최종적인 결과는 오는 2000년 이내에 완료를 목표로 수행하고있다고 한다. 한편 이러한 새로운 기술이 확립되면 무인화 운전이 가능한 시스템에 적용이 가능하여 유지보수 경비를 대폭 절감할 수 있어 전지전력저장시스템의 실용화를 앞당길 수 있을 것으로 기대된다.

한편, 이러한 노력과 연구의 결과는 충분한 경제성이 이미 전문가들에 의하여 제시되고 있다. 개량형 연속전지를 이용한 전지전력시스템의 경우 경제성 목표는 설치장소에 따라 약간의 차이는 있으나, 배전용 변전소의 경우 90 - 120만원/kW, 고압수용가의 경우 80-100만원/kW, 그리고 저압수용가의 경우에는 80 - 110만원/8kWh로 예상하고 있다. 시

스템의 규모면에서는 배전용 변전소의 경우 MW급(1-8MW)이, 고압수용가의 경우 100kW에서 수MW급이, 그리고 저압수용가의 경우에는 2 - 3kW급이 적정용량이라고 한다.

전지전력저장시스템의 경제성 목표액은 한국전력의 "전지전력저장시스템연구(89-91)" 연구결과의 분석자료에 의한 개량형 연속전지의 시장과 전망을 살펴보면, 1996년을 기준 하였을 때 원자력발전량이 9,416MW이고, 여기에 필요한 부하는 13,451MW, 그리고 최소한의 요구부하는 10,194MW이고, 심야부하 조성량, 즉, 심야잉여전력을 3,257MW로 예상하고 있다. 그리고 2000년에는 이러한 심야잉여전력량이 약 3,900MW로 예상된다. 이를 기준으로 하였을 때 양수발전을 대체하는 대규모 부하 평균화용(GW급)으로는 오는 2000년에는 160만kW, 2010년에는 410만kW, 중규모 분산배치형(MW급)으로는 2000년에 360만kW, 2010년에 670만kW를 예상하고 있다.

1988년에 예측된 한전의 년별 최대 전력 수요치를 기준으로 한국 전기연구소에서 분석한 기술자료에 의하면, 이러한 심야잉여전력은 오는 2001년을 기준으로, 전원구성중 원자력 설비의 최대가동, 화력설비의 최저운전한계를 고려하였을 때 도입 가능한 전지전력저장량을 약11.7%로 전망하고 있다.

이러한 전망분석자료를 바탕으로 연속전지의 시장전망을 분석하면, 심야잉여전력 중 약 10%를 전지를 이용한 전력저장시스템을 도입하고, 전지전력저장시스템의 경제성 목표인 kW당 평균 100만원, 그리고 이 시스템에 적용되는 비용중 전지가 약 30%를 차지한다고 가정할 때 약 5000억원의 신규 시장 형성이 예측된다. 이는 1996년 현재 1차 및 2차 전지의 국내시장 규모와 맞먹는 규모이며, 2차 전지 시장 전체 규모 3300억의 150%에 해당한다. 이는 놀랄만한 신규시장의 형성이다.

한편, 1996년 현재 국내에서 전지업계에 종사하는 직접인력이 약 8천명, 여기에 간접인력 약 2천명이라는 것을 감안 할 때 최소한 4만명 이상의 고용 창출효과를 나타낸다.

이러한 시장전망은 현시점에서 볼 때 분명히 상급한 판단이다. 떡줄사람은 생각도 하지 않고 있다는데 김치국부터

마시는 격이기 때문이다. 이러한 전지전력저장 시스템은 분산형으로 사용하기에 적합하다는 한국전기연구소의 분석 결과에서도 나타나듯이, 한전측의 변전소 등에 설치 운용하기에 적합한 시스템으로 평가되고 있다. 그러나 현재의 한전과 같은 직접수요처의 에너지 정책에서는 이러한 시스템의 도입이 아직은 검토되고있지 않는 것 같다. 그 예로서 한전의 96년 발전설비 현황과 경영통계 자료에 따르면 원별 발전량을 기준으로 오는 2000년에는 전체 발전량 408,190GWh중 원자력이 186,000GWh로 45.5%, 석탄이 145,930GWh, LNG가 57,080GWh, 석유가 13,750GWh, 일반수력이 4,310GWh, 양수발전이 1,120GWh로 원자력과 화력에 편중되어 나타나듯이, 원자력 발전에 의한 기저발전을 위주로 하고 있다. 즉, 주·야간의 전력수요불균형을 석탄이나 LNG에 의존하고있는 것이 이를 증명하고 있다. 극히 미량을 제외하고는 석탄과, LNG의 경우 거의 전량을 해외로부터 수입에 의존하고 있다. 이것은 물론 원자력의 경우도 마찬가지다. 한편, 발전원의 구분을 대상으로 보면 이러한 현상은 더욱 그러하다. 즉, 발전원의 구성에서 에너지의 절약적인 대응책이 조금은 미흡하게 나타나고있다. 따라서 에너지의 효율적이 이용측면에 있어서 전지전력저장동 보다 적극적인 대책이 아쉽다고 할 수 있다.

다행스런 것은 통상산업부, 과기처, 그리고 에너지자원기술개발지원센터와 정부출연연구소, 그리고 산업체에서 소규모이기는 하지만 꾸준히 연구되고있다는 것은 다행한 일이다. 앞으로 이러한 연구를 활성화시키고 나아가 더 강력한 에너지의 효율적인 이용 정책이 수반된다면 국가 기간산업의 눈부신 발전도 기대할 수 있을 것이다.



고요

에너지관리공단부설 에너지자원센터 전기1팀장. 1981년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1995년 중앙대학교 전기공학과 대학원 졸업(공학박사). 1983-1995 한국전기연구소. 통산부

공인 전기전자기술지도사, 특급전기설비감리원